

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-170102

(43)Date of publication of application : 29.06.1999

(51)Int.Cl.

B23B 27/14
B23B 27/00

(21)Application number : 10-023522

(71)Applicant : TOYODA MACH WORKS LTD

(22)Date of filing : 04.02.1998

(72)Inventor : KAMIYA AKIMITSU
SUZUKI HIROYUKI

(30)Priority

Priority number : 09293261

Priority date : 10.10.1997

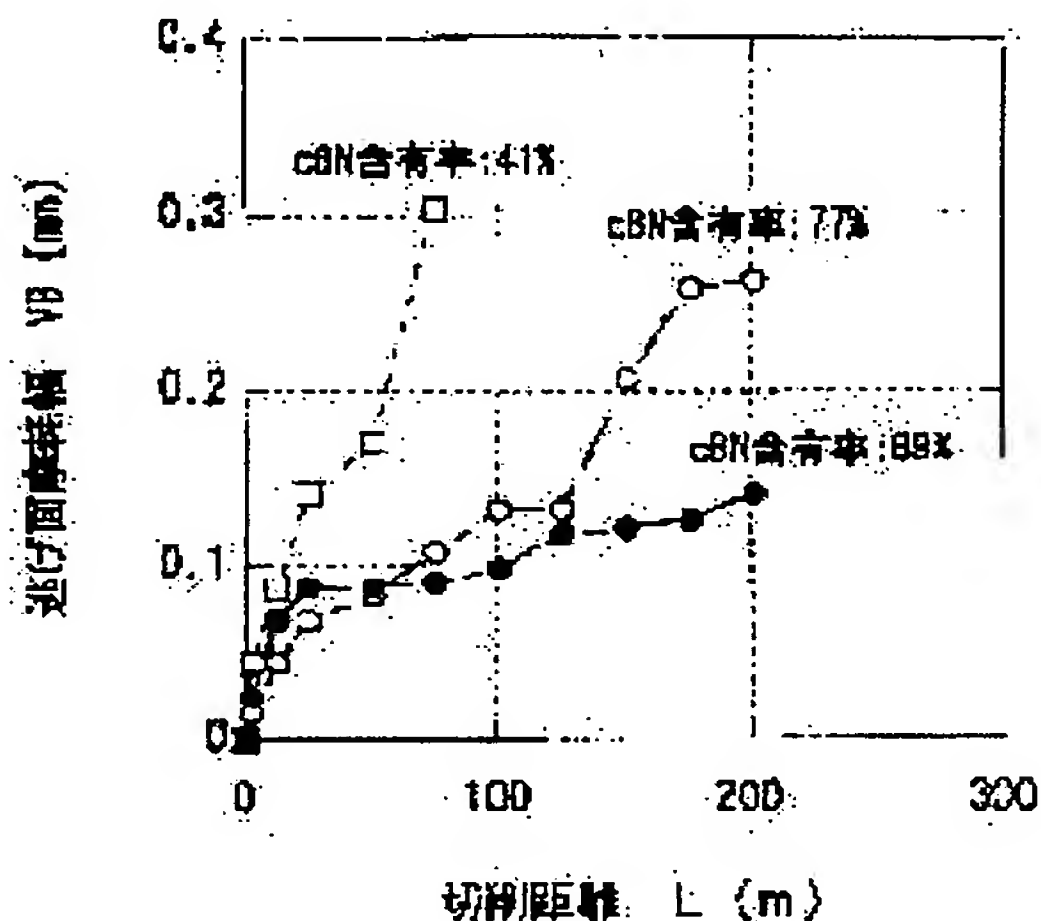
Priority country : JP

(54) HIGH-SPEED CUTTING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the lowering of a tool life following the increase in a cutting speed, by producing a protective coat on a CBN sintered tool.

SOLUTION: Cutting is made at a CBN sintering body, contained in a CBN sintered tool, of 75% or more, and a cutting speed of 1500 m/min. or more. Also, cutting is made, by mounting plural CBN sintered tool 1, constituting a front milling cutter, matter the front milling cutter have a cutting speed of 1500 m/min. or more, and also at a feed per revolution for the blade of the tool 1, to one revolution of the front milling cutter of from 0.2 mm/rev. to 0.4 mm/rev.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.03.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 02.11.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The high-speed-cutting approach characterized by forming the cutting tool which contains a cubic boron nitride sintered compact 75% or more, and cutting cutting speed for the cast iron of a pearlite organization by 1500 or more m/min with said cutting tool.

[Claim 2] The high-speed-cutting approach characterized by cutting the cast iron of said pearlite organization with 1500 or more m/min of cutting speed, being the high-speed-cutting approach for cutting the work piece which consists of cast iron of a pearlite organization with a milling cutter, making a cubic boron nitride sintered compact contain 75% or more, forming two or more cutting tools which constitute said milling cutter, and rotating said milling cutter.

[Claim 3] The high-speed-cutting approach characterized by forming a cutting tool combining a kind of silicon (Si), manganese (Mn), titanium (Ti), and these oxides, or two or more sorts, and cutting cutting speed for the cast iron of a pearlite organization by 1500 or more m/min with said cutting tool while making a cubic boron nitride sintered compact contain 75% or more.

[Claim 4] The high-speed-cutting approach which is the high-speed-cutting approach for cutting a work piece with a milling cutter, and is characterized by forming two or more cutting tools which constitute said face cutter combining a kind of silicon (Si), manganese (Mn), titanium (Ti), and these oxides, or two or more sorts while making a cubic boron nitride sintered compact contain 75% or more, and cutting them with 1500 or more m/min of cutting speed with said milling cutter.

[Claim 5] The high-speed-cutting approach characterized by the feed per revolution of one cutting edge of two or more aforementioned cutting tools being 0.4 mm/rev from 0.2 mm/rev per revolution of said face cutter in claim 2 or the high-speed-cutting approach according to claim 4.

[Claim 6] The high-speed-cutting approach characterized by making the true rake angle of said cutting tool into -58 degrees from -42 degrees in claim 2, claim 4, or the high-speed-cutting approach according to claim 5.

[Claim 7] The high-speed-cutting approach characterized by cutting a processing object using said tool after making the protective coat by the matter contained in said dummy work piece on the surface of a tool by making a cubic boron nitride sintered compact contain 75% or more, forming a cutting tool, and cutting the dummy work piece which consists of cast iron of a pearlite organization using said cutting tool with the cutting speed of 1500 or more m/min generate.

[Claim 8] It is the high-speed-cutting approach characterized by said cutting speed being 3600 or more m/min in the high-speed-cutting approach according to claim 1 to 7.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the high-speed-cutting approach using the cutting tool (henceforth a CBN sintered tool) which consists of a cubic boron nitride sintered compact.

[0002]

[Description of the Prior Art] The fundamental technical problem in a cut is three, high degree of accuracy, high efficiency, and low cost. Improvement in the speed of cutting speed is called for as a way stage which realizes high efficiency processing among these three technical problems. Since it has in a lifting outstanding cutting-ability ability called a pile in a metallic material and a diffusion reaction even if a CBN sintered tool has large thermal conductivity by the high degree of hardness and becomes an elevated temperature subsequently to a diamond, it fits high speed cutting compared with cutting tools, such as superhard, a cermet, and ceramics.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, although cut efficiency will improve in connection with it if cutting speed is increased, a tool life becomes short at reverse and there is a problem that tool cost increases. Since it is very expensive compared with other tools, especially a CBN sintered tool cannot solve a technical problem called low cost among three technical problems mentioned above. Furthermore, since the frequency of tool exchange will increase if a tool life falls, there is also a problem that productivity worsens, and implementation of high efficiency processing is difficult.

[0004] It is made in order that this invention may solve the above-mentioned problem, and it aims at preventing lowering of the tool life accompanying the increment in cutting speed by making a CBN sintered tool generate a protective coat.

[0005]

[Means for Solving the Problem] If cutting speed is made to increase generally, it is known as a life equation of Taylor of a degree type that a tool life will become short in connection with it.

$C=VT_n \dots (1)$

Here, V is a constant cutting speed and T are decided by the tool life, and it is decided under terms and conditions other than cutting speed that n and C will be.

[0006] However, this invention person found out that a tool life was extended with the increment in cutting speed against above-mentioned Taylor's life equation, when the cast iron of the pearlite organization of FC300 and FC250 grade was cut with high cutting speed using a CBN sintered tool, as a result of repeating various experiments. As a result of analyzing this phenomenon, the matter contained in the cast iron of a pearlite organization adhered to the tool front face, the protective coat was formed, and it turned out that a tool life is extended by existence of this protective coat.

[0007] This invention tends to realize high-speed processing using the above-mentioned phenomenon, invention according to claim 1 forms the cutting tool which contains a cubic boron nitride sintered compact 75% or more, and it is characterized by cutting cutting speed for the cast iron of a pearlite organization by 1500 or more m/min with said cutting tool. Moreover, invention according to claim 2 constitutes a milling cutter, using a cutting tool according to claim 1 two or more, and is characterized by cutting the cast iron of a pearlite organization with 1500 or more m/min of cutting speed with this milling cutter.

[0008] Moreover, since the above-mentioned phenomenon is a phenomenon of appearing only when the cast iron of a pearlite organization is cut with high cutting speed, it is inapplicable to other work. Then, since it corresponds to work other than the cast iron of a pearlite organization, both, a cutting tool is formed combining a kind of silicon (Si), manganese (Mn), titanium (Ti), and these oxides, or two or more sorts, and invention according to claim 3 is characterized by the thing which is made to contain a cubic boron nitride sintered compact 75% or more and which cut cutting speed for the cast iron of a pearlite organization by 1500 or more m/min with said cutting tool.

[0009] Furthermore, invention of claim 4 constitutes a milling cutter, using a cutting tool according to claim 3 two or more, and is characterized by cutting the cast iron of a pearlite organization with 1500 or more m/min of cutting speed with this milling cutter. Moreover, invention of claim 5 is characterized by the feed per revolution of one cutting edge of two or more cutting tools being 0.4 mm/rev from 0.2 mm/rev in per revolution of claim 2 or a milling cutter according to claim 4, and invention of claim 6 is characterized by making into -58 degrees the true rake angle of two or more cutting tools which constitute claim 2, claim 4, or

the milling cutter of invention according to claim 5 from -42 degrees.

[0010] Moreover, after invention of claim 7 makes the protective coat by the matter contained in said dummy work piece on the surface of a tool by cutting the dummy work piece which consists of cast iron of a pearlite organization using the cutting tool which contained the cubic boron nitride sintered compact 75% or more with the cutting speed of 1500 or more m/min generate, it is characterized by cutting a processing object using said tool.

[0011] Moreover, invention according to claim 8 is characterized by cutting speed being 3600 or more m/min as what has suitable cutting speed in invention of claim 1 thru/or claim 7.

[0012]

[Embodiment of the Invention] Next, the gestalt of implementation of the high-speed-cutting approach of this invention is explained. Drawing 1 shows the CBN sintered tool 1 used for this invention, drawing 2 is the II-II view enlarged drawing of drawing 1, and, as for a rake face and 3, 2 is [the chamfer section and 4] flanks. This CBN sintered tool 1 has been arranged at equal intervals on a periphery, as shown in drawing 3 and drawing 4, the face cutter 6 was manufactured, and face cutter processing of FC300 which is cast iron of a pearlite organization was performed using this face cutter 6. The processing conditions are as follows.

[0013]

- Cutting speed 300 - 6000 m/min The feed per revolution per -1 cutting edge 0.33 mm/rev - Cut deeply. 1.0mm Existence of - coolant Dry type cut The - cut direction Down cutting drawing 5 cutting speed Vm/min 300 m/min, 800 m/min, Width-of-flank-wear-land VB which is one of cut distance [per one cutting edge at the time of making it change with 1500 m/min 3600 m/min, and 6000 m/min] L (m), and the indexes of a tool life Relation with (mm) is shown. In addition, width-of-flank-wear-land VB The width of face of wear 4a generated in a flank 4 and the chamfer section 3 is shown so that it may be illustrated by drawing 6.

[0014] Here, when cutting speed cuts by 800 or more m/min, the field where tool wear hardly advances appears. Although tool wear would not advance in cutting speed 800 m/min with a cut distance of about 20m - about 40m in between, and would hardly advance in cutting speed 1500 m/min with a cut distance of about 20m - about 60m in between, tool wear would hardly advance from the cut distance of about 20m by cutting speed 6000 m/min especially and the graphic display was not carried out, even if it exceeded the cut distance of 120m, tool wear hardly advanced.

[0015] Thus, it turns out that the field where this tool wear hardly advances becomes long, and cut distance until it reaches a tool life is long, so that cutting speed is large. (Here, the tool life is considered as the time of width of flank wear land being set to 0.3mm or more.) Since it was a thing contrary to above-mentioned Taylor's life equation, this result performed SEM (Scanning Electorn Microscope) observation for the tool front face after a cut in order to analyze this phenomenon. Drawing 7 measures the tool configuration after cutting by cutting speed 6000 m/min, and is II-II view drawing of drawing 1. The affix 5 was checked by a tool front face especially the chamfer section 3, and the flank 4 as shown in drawing 7. This affix 5 was observed when it cut with the cutting speed of 1500 or more m/min, and when it cut with the cutting speed not more than it, it was not checked.

[0016] As a result of analyzing this affix, it became clear that the manganese (Mn) contained in FC300, silicon (Si), titanium (Ti), or these oxides are generated on a tool front face by the heat and pressure accompanying a cut, this affix protected a tool, and a tool life was extended. Drawing 8 is a graph which shows the relation between cut distance [when changing cutting speed Vm/min] L (m), and surface roughness S (micrometerRz). If it becomes 3600 or more m/min of cutting speed so that drawing 8 may show, surface roughness will worsen. Since this is face cutter processing in the gestalt of this operation, it contacts the work material front face after an after [a milling cutter] cutting edge cutting, and is considered to be because for the affix generated by the tool front face to have had an adverse effect on the work-piece front face in that case. That is, it means that the thick affix is generated, so that surface roughness gets worse. Since surface roughness is not getting worse and an affix thicker than the time of cutting by 1500 m/min is generated when cutting speed cuts with the cutting speed of 3600 or more m/min in spite of having checked the affix, when cutting speed cut by 1500 m/min, it is thought that a tool life is extended further.

[0017] From the above result, by cutting the cast iron of a pearlite organization using a CBN sintered tool shows that 1500 or more m/min of cutting speed for making a tool front face generate a protective coat is 3600 or more m/min still more preferably. Moreover, after the protective coat had been generated by the front face of this CBN sintered tool, it observed what kind of effect the construction material of the CBN sintered tool itself would have on a tool life.

[0018] In addition, the processing conditions at this time cut the cast iron of a pearlite organization by cutting speed 6000 m/min with the face cutter, and carried out other processing conditions as follows so that a protective coat might be generated certainly.

- The content of the sintered CBN of a CBN sintered tool 41% - 89% The feed per revolution per -1 cutting edge 0.33 mm/rev - Cut deeply. 1.0mm Existence of - coolant Dry type cut The - cut direction Down cutting drawing 9 is width-of-flank-wear-land VB which is one of cut distance [per one cutting edge when changing the content of the sintered CBN contained in a CBN sintered tool with 41%, 77%, and 89%] L (m), and the indexes of a tool life. Relation with (mm) is shown.

[0019] Here, even if the content of the sintered CBN of a CBN sintered tool will not advance at 77%, tool wear will hardly advance from the cut distance of about 30m at 89% with a cut distance of about 30m - about 120m

in between and the content of the sintered CBN which is a CBN sintered tool exceeds the cut distance of 200m, most tool wear is not advancing. Thus, it turns out that the field where this tool wear hardly advances becomes long, and cut distance until it reaches a tool life is long, so that the content of the sintered CBN contained in a CBN sintered tool increases.

[0020] Cut distance until it reaches a tool life becomes long, and it is thought desirable from the above-mentioned result that the content of sintered CBN uses 75% or more of CBN sintered tool practically from progress of near 77% to tool wear not carrying out [the content of sintered CBN], so that the content of the sintered CBN of a CBN sintered tool increases from the above thing. Furthermore, when the feed per revolution of CBN sintered tool 1 cutting edge in per face cutter 1 revolution was changed using the face cutter furnished with the CBN sintered tool of 89% of content of the above-mentioned sintered CBN, the feed per revolution per one cutting edge and the relation of a tool life brought a result as shown in drawing 10.

[0021] As for the feed per revolution, it turned out per one cutting edge from this drawing 10 that 0.2 mm/rev to a tool life goes up, it becomes a peak near about 0.3 mm/rev, and a tool life descends after that. From this, per one cutting edge, 0.2 mm/rev to 0.4 mm/rev of a feed per revolution is desirable, and it is near 0.3 mm/rev as an optimum value.

[0022] Next, it observed about the tool life depending on how to the face cutter of a CBN sintered tool to attach. The tool life when changing true rake angle T to the face cutter of this CBN sintered tool considered that it attaches and observation of the direction has the deep relation with the tool life of cutting force or a CBN sintered tool was observed. Here true rake angle T is expressed by the degree type.

[0023]

$\tan T = \tan R - \cos C + \tan A - \sin C \dots (2)$

However, R is an include angle at the time of a mounting beam in the face cutter of a CBN sintered tool, as a radial-rake angle and A are approach angles and show an axial-rake angle and C to drawing 3 and drawing 4, respectively. Drawing 11 is the result of observing the true rake angle called for from the above-mentioned (2) formula about the tool life at the time of making it change between -62 degrees and -42 degrees.

[0024] In addition, the processing conditions at this time are as follows.

- Cutting speed 6000 m/min Content of the sintered CBN of -CBN sintered tool 89% The feed per revolution per - 1 cutting edge 0.33 mm/rev - Cut deeply. 1.0mm Existence of - coolant Dry type cut The - cut direction A true rake angle is rising and the rake angle of truth [show / in drawing 11 of down cutting **] and the relation of a tool life are [from -60 degrees before -48 degrees / a tool life / about]. -It descends from 48 degrees.

[0025] The rake angle of truth [this] has -58 desirable degrees practically from -42 degrees, and is about -48 degrees as an optimum value. From the above results, the cutting speed which can form a protective coat in the blade surface of a CBN sintered tool is 1500 or more m/min, and can prolong 75% or more, then a tool life for the content of the sintered CBN of a CBN sintered tool.

[0026] If the feed per revolution per one cutting edge is set as 0.4 mm/rev from 0.2 mm/rev or a true rake angle is set as the conditions of these cutting speed and the content of the sintered CBN of a CBN sintered tool from -58 degrees at -42 degrees, a tool life can be prolonged further. On the other hand, since a cut is performed generating a tool protective coat as work described above in the case of the cast iron of the pearlite organization of FC300 grade, high speed cutting becomes possible. However, a protective coat is not generated in the cut to the work of other construction material other than the cast iron of a pearlite organization. Then, the gestalt of the operation of the cut approach to the work of the construction material of arbitration is explained.

[0027] the manufacture process of a CBN sintered tool -- setting -- CBN powder, and TiC and aluminum 2O3 etc. -- everything but the binder usually used -- SiO2 And MnO2 It mixes beforehand, and like the manufacture approach conventional in this condition, press forming is carried out and it sinters under elevated-temperature high voltage. Thus, the obtained CBN sintered tool is SiO2. And MnO2 It is SiO2 in a tool by the pressure and heat accompanying [if it is made 75% or more of content of the sintered CBN of a CBN sintered tool and cutting speed is cut by 1500 or more m/min like / since it contains beforehand / the time of cutting the cast iron of the above-mentioned pearlite organization / irrespective of / the construction material of work] a cut. And MnO2 A tool protective coat is generated and a tool life is extended. If the feed per revolution per one cutting edge is set as 0.4 mm/rev from 0.2 mm/rev and a true rake angle is set as -42 degrees from -58 degrees like the time of furthermore cutting the cast iron of the above-mentioned pearlite organization, a tool life can be prolonged further.

[0028] in addition -- above -- beforehand -- SiO2 And MnO2 CBN powder, and TiC and aluminum 2O3 etc. - - mixing -- a CBN sintered tool -- not forming -- the blade surface part of a CBN tool -- SiO2 And MnO2 An approach which adds and forms the protective coat in the blade surface beforehand may be used. Moreover, drawing 11 is a thing explaining the gestalt of the operation of everything but the high-speed-cutting approach to the work of the construction material of arbitration, 6 is a face cutter and the CBN sintered tool which contained the sintered CBN of figure abbreviation 75% or more is attached at the head. It is the dummy work piece which consists of FC300 whose 7 is a processing object, and whose 8 is cast iron of a pearlite organization, and is fixed to both the tables of figure abbreviation.

[0029] In the above configurations, while carrying out revolution actuation of the milling cutter tool 6 by the motor of figure abbreviation, relative displacement of a face cutter 6 and the table is carried out, and the

dummy work piece 8 is cut with the cutting speed of 1500 or more m/min. Then, since a protective coat is generated as described above in the tool front face, where this protective coat is generated, the cut to the processing object 7 of arbitration is performed. Here, since the protective coat is generated by the tool front face, even if, as for the cut to the processing object 7, it enlarges cutting speed, a tool life does not fall in connection with it.

[0030] Moreover, although the protective coat on the front face of a tool is worn out in the middle of a cut when the cut distance over the processing object 7 is long, it can respond also to the long processing object of cut distance by repeating a cut with the dummy work piece 8 and the processing object 7, and performing it that what is necessary is to cut the dummy work piece 8 again in that case, and just to make a protective coat generate. In addition, the timing of this repeat should just choose the optimal timing according to the construction material of a processing object, cutting speed, etc.

[0031] Drawing 12 shows the gestalt of another operation, and it is being fixed to the table in one so that the dummy work piece 8 may sandwich the processing object 7. It cuts with the cutting speed of 1500 or more m/min with a CBN sintered tool in this condition. Then, when a CBN sintered tool cuts the dummy work piece 8, after a protective coat is generated, in order [the] to cut the processing object 7 a condition, in spite of being high speed cutting, a tool life does not fall in connection with it.

[0032] With the gestalt of the above-mentioned implementation here, it is arranged so that the dummy work piece 8 may sandwich the processing object 7, but after not being limited to this and cutting the dummy work piece 8, it must be arranged so that the processing object 7 can be cut. Moreover, although the gestalt of the above-mentioned operation is face cutter processing, it is applicable to other cuts, without being limited to this.

[0033] In addition, according to the cut approach of this invention, in the case of milling, as cutting speed mentioned above by 3600 or more m/min, there is a trouble of worsening surface roughness by existence of a protective coat in case an after [a milling cutter] cutting edge contacts a processing object, but By adopting the oblique cutting which processes it by making a main shaft axial center incline to a processing object, as an after [a milling cutter] cutting edge cannot contact a processing object, it can prevent aggravation of surface roughness, and both three technical problems of high degree of accuracy, high efficiency, and low cost can be satisfied.

[0034]

[Effect of the Invention] The long lasting tool by which a tool life does not fall with the increment in cutting speed can be obtained without according to the high-speed-cutting approach of this invention, generating a protective coat on a tool front face using the CBN sintered tool which contained sintered CBN 75% or more by cutting the cast iron of a pearlite organization with 1500 or more m/min of cutting speed, and performing special coating processing in the manufacture process of a tool.

[0035] Moreover, the CBN sintered tool which contained the above-mentioned sintered CBN 75% or more is used. When a milling cutter is used for the high-speed-cutting approach of this invention which cuts the cast iron of a pearlite organization with 1500 or more m/min of cutting speed or [whether the feed per revolution of one cutting edge in per milling cutter 1 revolution is set as 0.4 mm/rev from 0.2 mm/rev, or that a true rake angle is set as -42 degrees from -58 degrees] -- or If both the feed per revolution per these 1 cutting edge and a true rake angle are made into the above-mentioned value, a tool life can be prolonged further.

[0036] Furthermore, in cutting the processing object of the construction material of arbitration other than the cast iron of a pearlite organization, it doubles with making a CBN sintered tool contain sintered CBN 75% or more, and they are SiO₂ and MnO₂. The long lasting tool by which a protective coat is generated on a tool front face like the time, and a tool life does not fall the cast iron of a pearlite organization can be obtained by adding and cutting with 1500 or more m/min of cutting speed.

[0037] Moreover, in order to cut a processing object by the tool by which the protective coat was generated by the tool front face, and the protective coat was generated also by cutting the dummy work piece which consists of cast iron of a pearlite organization, even if it makes cutting speed accelerate on the occasion of the cut of the processing object of arbitration, a tool life cannot fall in connection with it, and high speed cutting can be realized by low cost.

[0038] Furthermore, by repeating and cutting the dummy work piece and processing object which consist of cast iron of a pearlite organization, it can respond also to the long processing object of cut distance, and the cycle time can be shortened compared with the case where the above cuts repeatedly, by cutting simultaneously the dummy work piece and processing object which consist of cast iron of a pearlite organization.

[0039] If the high-speed-cutting approach of this invention is used especially, by the conventional tool, so that a chip may occur immediately after cut initiation and processing may become impossible, or although a chip is not generated immediately after cut initiation, the cut with high cutting speed to which a tool life becomes very short can be attained, and high efficiency processing can be realized.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.*** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the plan of a CBN sintered tool.

[Drawing 2] It is the II-II view enlarged drawing of drawing 1 .

[Drawing 3] It is the front view of a face cutter.

[Drawing 4] It is the side elevation of a face cutter.

[Drawing 5] It is the graph which shows the relation between cut distance and flank-of-tool wear width of face.

[Drawing 6] It is drawing showing the flank-of-tool wear width of face VB generated in the CBN sintered tool.

[Drawing 7] It is the II-II view enlarged drawing of drawing 1 showing the condition on the front face of a tool when cutting by cutting speed 6000 m/min.

[Drawing 8] It is the graph which shows the relation between cut distance and surface roughness.

[Drawing 9] Cut distance and width-of-flank-wear-land VB per one cutting edge when changing the content of sintered CBN It is the graph which shows relation with (mm).

[Drawing 10] It is the graph which shows the feed per revolution per one cutting edge, and the relation of a tool life.

[Drawing 11] It is the graph which shows the true rake angle of the CBN sintered tool attached in the face cutter, and the relation of a tool life.

[Drawing 12] It is the perspective view showing the high-speed-cutting approach of this invention.

[Drawing 13] It is the perspective view showing the gestalt of another implementation of the high-speed-cutting approach of this invention.

[Description of Notations]

1 CBN Sintered Tool

2 Rake Face

3 Chamfer Section

4 Flank

5 Affix (Tool Protective Coat)

6 Face Cutter

7 Processing Object

8 Dummy Work Piece

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-170102

(43)公開日 平成11年(1999) 6月29日

(51)Int.Cl.⁹

識別記号

F I

B 2 3 B 27/14
27/00

B 2 3 B 27/14
27/00

B
A

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平10-23522

(22)出願日 平成10年(1998) 2月4日

(31)優先権主張番号 特願平9-293261

(32)優先日 平9(1997)10月10日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000003470

豊田工機株式会社

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地

(72)発明者 神谷 昭充

愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工
機株式会社内

(72)発明者 鈴木 博之

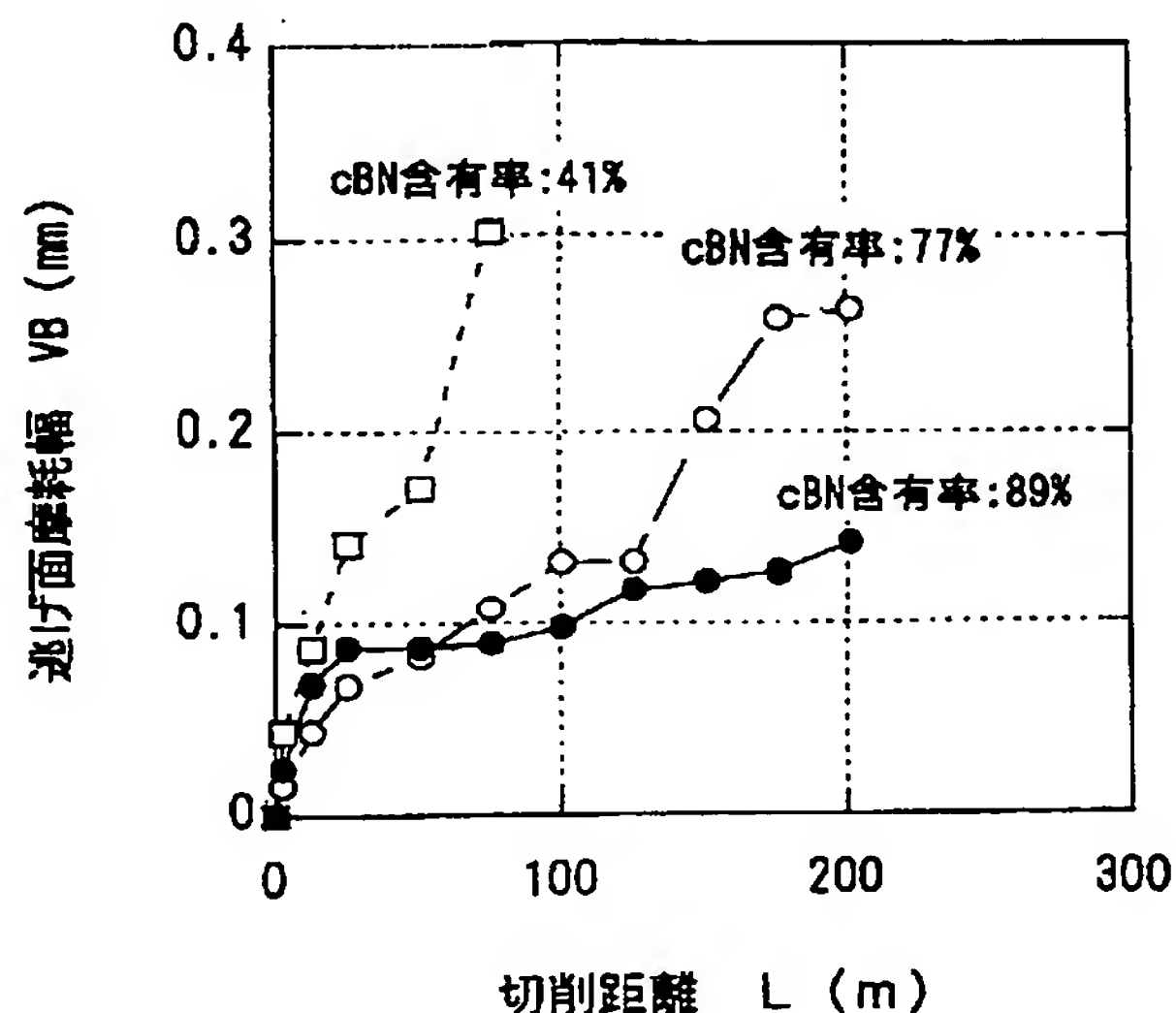
愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地 豊田工
機株式会社内

(54)【発明の名称】 高速切削方法

(57)【要約】

【目的】 CBN焼結工具に保護膜を生成させることにより、切削速度を増加させても、それに伴う工具寿命の低下を防止する。

【解決手段】 CBN焼結工具に含有されるCBN焼結体を75%以上とし、切削速度を1500m/min以上で切削するようにした。また、CBN焼結工具を複数装着し、正面フライスを構成し、この正面フライスの切削速度を1500m/min以上とするとともに、正面フライス1回転当たりにおけるCBN焼結工具1刃の送り量を0.2mm/revから0.4mm/revで切削するようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 立方晶窒化硼素焼結体を 75%以上含有する切削工具を形成し、前記切削工具によってパーライト組織の鋳鉄を切削速度を 1500m/min 以上で切削することを特徴とする高速切削方法。

【請求項 2】 パーライト組織の鋳鉄からなるワークをフライスにより切削するための高速切削方法であって、前記フライスを構成する複数の切削工具を、立方晶窒化硼素焼結体を 75%以上含有させて形成し、前記フライスを回転させながら前記パーライト組織の鋳鉄を切削速度 1500m/min 以上で切削することを特徴とする高速切削方法。

【請求項 3】 立方晶窒化硼素焼結体を 75%以上含有させるとともに、シリコン (Si)、マンガン (Mn)、チタン (Ti) およびこれらの酸化物のうちの一種または複数種を組み合わせて切削工具を形成し、前記切削工具によってパーライト組織の鋳鉄を切削速度を 1500m/min 以上で切削することを特徴とする高速切削方法。

【請求項 4】 ワークをフライスにより切削するための高速切削方法であって、前記正面フライスを構成する複数の切削工具を、立方晶窒化硼素焼結体を 75%以上含有させるとともに、シリコン (Si)、マンガン (Mn)、チタン (Ti) およびこれらの酸化物のうちの一種または複数種を組み合わせて形成し、前記フライスによって切削速度 1500m/min 以上で切削することを特徴とする高速切削方法。

【請求項 5】 請求項 2 もしくは請求項 4 に記載の高速切削方法において、前記正面フライスの 1 回転当たり前記複数の切削工具の一刀の送り量が 0.2mm/rev から 0.4mm/rev であることを特徴とする高速切削方法。

【請求項 6】 請求項 2 または請求項 4 もしくは請求項 5 に記載の高速切削方法において、前記切削工具の真のすくい角を -42 度から -58 度としたことを特徴とする高速切削方法。

【請求項 7】 立方晶窒化硼素焼結体を 75%以上含有させて切削工具を形成し、前記切削工具を用いてパーライト組織の鋳鉄からなるダミーワークを 1500m/min 以上の切削速度で切削することにより、工具の表面*

$$C = VT^n$$

ここで、V は切削速度、T は工具寿命、n と C は切削速度以外の諸条件によって決まる定数である。

【0006】ところが、本発明者は種々の実験を重ねた結果、FC300、FC250 等のパーライト組織の鋳鉄を CBN 焼結工具を用いて高切削速度で切削したとき、上記テイラーの寿命方程式に反して、切削速度の増加に伴って工具寿命が延長されることを見いだした。この現象を解析した結果、パーライト組織の鋳鉄に含有される物質が工具表面に付着して保護膜を形成し、この保護膜の存在により工具寿命が延長されるということがわ

* に前記ダミーワーク中に含有される物質による保護膜を生成させた後、前記工具を用いて加工対象物の切削を行うことを特徴とする高速切削方法。

【請求項 8】 請求項 1 乃至請求項 7 に記載の高速切削方法において、前記切削速度は 3600m/min 以上であることを特徴とする高速切削方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、立方晶窒化硼素焼結体からなる切削工具（以下、CBN 焼結工具という）を用いた高速切削方法に関する。

【0002】

【従来の技術】切削における基本的課題は、高精度、高能率、低コストの 3 つである。この 3 つの課題のうち、高能率加工を実現する一手段として切削速度の高速化が求められている。CBN 焼結工具はダイヤモンドについて高硬度で熱伝導率が大きく、また、高温になっても金属材料と拡散反応を起こしにくいといった優れた切削性能を有することから、超硬、サーメット、セラミックス等の切削工具に比べて高速切削に適している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、切削速度を増加するとそれに伴って切削能率は向上するが、逆に工具寿命が短くなり、ツールコストが増加するという問題がある。特に CBN 焼結工具は他の工具に比べて非常に高価であるため、上述した 3 つの課題のうち、低コストという課題を解決することができない。さらに、工具寿命が低下すると工具交換の頻度が増加するため生産性が悪くなるという問題もあり、高能率加工の実現は困難なものとなっている。

【0004】本発明は上記問題を解決するためになされたものであり、CBN 焼結工具に保護膜を生成させることにより、切削速度の増加に伴う工具寿命の低下を防止することを目的とするものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】一般に切削速度を増加させると、それに伴って工具寿命が短くなることが、次式のテイラーの寿命方程式として知られている。

$$\dots (1)$$

かった。

【0007】本発明は、上記の現象を利用して高速加工を実現しようとするものであり、請求項 1 に記載の発明は、立方晶窒化硼素焼結体を 75%以上含有する切削工具を形成し、前記切削工具によってパーライト組織の鋳鉄を切削速度を 1500m/min 以上で切削することを特徴とするものである。また、請求項 2 に記載の発明は、請求項 1 に記載の切削工具を複数用いてフライスを構成し、このフライスによってパーライト組織の鋳鉄を切削速度 1500m/min 以上で切削することを特徴

とするものである。

【0008】また、上記の現象はパーライト組織の鑄鉄を高切削速度で切削したときのみに現れる現象であるから、他の工作物に対しては適用できない。そこで、パーライト組織の鑄鉄以外の工作物に対応するために、請求項3に記載の発明は、立方晶窒化硼素焼結体を75%以上含有させるとともに、シリコン(Si)、マンガン(Mn)、チタン(Ti)およびこれらの酸化物のうちの一

種または複数種を組み合わせて切削工具を形成し、前記切削工具によってパーライト組織の鑄鉄を切削速度を1500m/min以上で切削することを特徴とするものである。

【0009】さらに、請求項4の発明は、請求項3に記載の切削工具を複数用いてフライスを構成し、このフライスによってパーライト組織の鑄鉄を切削速度1500m/min以上で切削することを特徴とするものである。また、請求項5の発明は、請求項2もしくは請求項4に記載のフライスの1回転当たりにおいて複数の切削工具の一刃の送り量が0.2mm/revから0.4mm/revであることを特徴とするものであり、請求項6の発明は、請求項2または請求項4もしくは請求項5に記載の発明のフライスを構成する複数の切削工具の真のすくい角を-42度から-58度としたことを特徴とするものであ*

- ・切削速度
- ・1刃当たりの送り量
- ・切り込み
- ・クーラントの有無
- ・切削方向

図5は切削速度 V_m/min を300m/min、800m/min、1500m/min、3600m/min、6000m/minと変化させたときの1刃当たりの切削距離 $L(m)$ と工具寿命の指標の一つである逃げ面摩耗幅 $V_b(mm)$ との関係を示すものである。なお、逃げ面摩耗幅 V_b は図6に図示されるように、逃げ面4及びチャンファ部3に発生した摩耗4aの幅を示すものである。

【0014】ここで、切削速度が800m/min以上で切削した場合、工具摩耗がほとんど進行しない領域が現れる。切削速度800m/minでは切削距離約20m～約40mの間で、切削速度1500m/minでは切削距離約20m～約60mの間で工具摩耗がほとんど進行しておらず、特に切削速度6000m/minでは切削距離約20mから工具摩耗がほとんど進行しなくなり、図示はされていないが、切削距離120mを超えても工具摩耗はほとんど進行しなかった。

【0015】このように切削速度が大きい程、この工具摩耗がほとんど進行しない領域が長くなり、工具寿命に達するまでの切削距離が長くなっていることがわかる。

(ここでは、工具寿命は逃げ面摩耗幅が0.3mm以上となったときとしている。)この結果は、上記テイラー

＊る。

【0010】また、請求項7の発明は、立方晶窒化硼素焼結体を75%以上含有した切削工具を用いてパーライト組織の鑄鉄からなるダミーワークを1500m/min以上の切削速度で切削することにより、工具の表面に前記ダミーワーク中に含有される物質による保護膜を生成させた後、前記工具を用いて加工対象物の切削を行うことを特徴とするものである。

【0011】また、請求項8に記載の発明は請求項1乃至請求項7の発明において、切削速度の好適なものとして切削速度が3600m/min以上であることを特徴とするものである。

【0012】

【発明の実施の形態】次に本発明の高速切削方法の実施の形態について説明する。図1は本発明に用いるCBN焼結工具1を示すものであり、図2は図1のII-II矢視拡大図であり、2はすくい面、3はチャンファ部、4は逃げ面である。このCBN焼結工具1を図3及び図4に示すように、円周上に等間隔に配置して正面フライス6を製作し、この正面フライス6を用いてパーライト組織の鑄鉄であるFC300の正面フライス加工を行った。加工条件は以下のとおりである。

【0013】

300～6000m/min
0.33mm/rev
1.0mm
乾式切削
ダウンカット

の寿命方程式に反するものであるため、この現象を解析するべく、切削後の工具表面をSEM(Scanning Electron Microscope)観察を行った。図7は切削速度6000m/minで切削した後の工具形状を測定したものであり、図1のII-II矢視図である。図7に示すように、工具表面、特にチャンファ部3および逃げ面4に付着物5が確認された。この付着物5は1500m/min以上の切削速度で切削したときに観察され、それ以下の切削速度で切削したときには確認されなかった。

【0016】この付着物を解析した結果、FC300に含有されるマンガン(Mn)、シリコン(Si)、チタン(Ti)、あるいはこれらの酸化物が切削に伴う熱および圧力によって工具表面に生成されるものであり、この付着物が工具を保護し工具寿命が延長されることが判明した。図8は切削速度 V_m/min を変化させたときの切削距離 $L(m)$ と表面粗さ $S(\mu mRz)$ との関係を示すグラフである。図8からわかるように、切削速度3600m/min以上になると表面粗さが悪くなる。これは、本実施の形態においては正面フライス加工であるため、フライス後刃が切削後の被削材表面に接触し、その際、工具表面に生成された付着物がワーク表面に悪影響を与えたことが原因であると考えられる。すなわ

ち、表面粗さが悪化する程、厚い付着物が生成されているということを意味している。切削速度が1500m/minで切削したときは付着物が確認されたにも係わらず、表面粗さが悪化していないことから、切削速度が3600m/min以上の切削速度で切削したときは1500m/minで切削したときよりも厚い付着物が生成されるため、工具寿命がさらに延長されるものと考えられる。

【0017】以上の結果から、CBN焼結工具を使用し、パーライト組織の鋳鉄を切削することによって、工具*10

- ・ CBN焼結工具のCBN焼結体の含有率 41%～89%
- ・ 1刃当たりの送り量 0.33mm/rev
- ・ 切り込み 1.0mm
- ・ クーラントの有無 乾式切削
- ・ 切削方向 ダウンカット

図9は、CBN焼結工具に含有されるCBN焼結体の含有率を41%、77%、89%と変化させたときの1刃当たりの切削距離L(m)と工具寿命の指標の一つである逃げ面摩耗幅V_r(mm)との関係を示すものである。

【0019】ここで、CBN焼結工具のCBN焼結体の含有率が77%では切削距離約30m～約120mの間で、CBN焼結工具のCBN焼結体の含有率が89%では切削距離約30mから工具*10の摩耗がほとんど進行しなくなり、切削距離200mを超えても工具摩耗はほとんど進行していない。このようにCBN焼結工具に含有されるCBN焼結体の含有率が多くなる程、この工具摩耗がほとんど進行しない領域が長くなり、工具寿命に達するまでの切削距離が長くなっていることがわかる。

【0020】以上のことから、CBN焼結工具のCBN焼結体の含有率が多くなるほど、工具寿命に達するまでの切削距離が長くなり、上記結果からCBN焼結体の含有率が77%付近から工具摩耗の進行がしなくなることから、実用上はCBN焼結体の含有率が75%以上のCBN焼結工具を用いることが好ましいと考えられる。さ※

$$\tan T = \tan R \cdot \cos C + \tan A \cdot \sin C \cdots (2)$$

但し、Rはラジアルレーキ角、Aはアキシャルレーキ角、Cはアプローチ角であり、それぞれ図3および図4に示すように、CBN焼結工具の正面フライスへ取付けたときの角度である。図11は上記(2)式から求めら★40

- ・ 切削速度 6000m/min
- ・ CBN焼結工具のCBN焼結体の含有率 89%
- ・ 1刃当たりの送り量 0.33mm/rev
- ・ 切り込み 1.0mm
- ・ クーラントの有無 乾式切削
- ・ 切削方向 ダウンカット

この図11に示されるに真のすくい角と工具寿命の関係は、真のすくい角が-60度から-48度までの間は工具寿命が上昇傾向にあり、約-48度から下降してゆく。

* 表面に保護膜を生成させるための切削速度は1500m/min以上、さらに好ましくは3600m/min以上であることがわかる。また、このCBN焼結工具の表面に保護膜が生成された状態で、CBN焼結工具自体の材質が工具寿命にどのような影響を及ぼすかを観測してみた。

【0018】なお、このときの加工条件は保護膜が確実に生成されるよう、正面フライスでパーライト組織の鋳鉄を切削速度6000m/minで切削し、他の加工条件は以下のとおりとした。

※らに、上記CBN焼結体の含有率89%のCBN焼結工具を取り付けた正面フライスを用い、正面フライス1回転あたりにおけるCBN焼結工具1刃の送り量を変化させてみたところ、1刃当たりの送り量と工具寿命の関係は図10に示すような結果となった。

【0021】この図10から1刃当たり送り量は、0.2mm/revから工具寿命が上昇し、約0.3mm/rev近傍でピークとなり、その後、工具寿命が下降してゆくことがわかった。このことから、1刃当たり送り量は0.2mm/revから0.4mm/revが好ましく、最適値としては0.3mm/rev近傍である。

【0022】次にCBN焼結工具の正面フライスへの取付け方による工具寿命に関して観測してみた。このCBN焼結工具の正面フライスへの取付け方の観測は、切削抵抗やCBN焼結工具の工具寿命と深い関わりがあると考えられている真のすくい角Tを変化させたときの工具寿命を観測した。ここで真のすくい角Tは次式によって表される。

【0023】

★れる真のすくい角を-62度から-42度の間で変化させたときの工具寿命について観測した結果である。

【0024】なお、このときの加工条件は下記のとおりである。

- ・ 切削速度 6000m/min
- ・ CBN焼結工具のCBN焼結体の含有率 89%
- ・ 1刃当たりの送り量 0.33mm/rev
- ・ 切り込み 1.0mm
- ・ クーラントの有無 乾式切削
- ・ 切削方向 ダウンカット

【0025】このことから、真のすくい角は-42度から-58度が実用上好ましく、最適値としては-48度近傍である。以上のような結果から、CBN焼結工具の刃面に保護膜を形成できる切削速度は、1500m/m

in以上であり、CBN焼結工具のCBN焼結体の含有率を75%以上とすれば、工具寿命を延ばすことができる。

【0026】これら切削速度とCBN焼結工具のCBN焼結体の含有率の条件に、1刃あたりの送り量を0.2mm/revから0.4mm/revに設定したり、真のすくい角を-58度から-42度に設定すれば、さらに工具寿命を延ばすことができる。一方、工作物がFC300等のパーライト組織の鋳鉄の場合は、上記したように工具保護膜を生成しながら切削が行われるので、高速切削が可能となる。しかし、パーライト組織の鋳鉄以外の他の材質の工作物に対する切削では保護膜は生成されない。そこで、任意の材質の工作物に対する切削方法の実施の形態について説明する。

【0027】CBN焼結工具の製造過程において、CBN粉末およびTiC、Al₂O₃等の通常用いられるバインダーの他に、SiO₂およびMnO₂をあらかじめ混合し、この状態で従来の製造方法と同様に、プレス成形し、高温高压下で焼結を行う。このようにして得られたCBN焼結工具は、SiO₂およびMnO₂が予め含有されているので、上記パーライト組織の鋳鉄を切削するときと同様に、CBN焼結工具のCBN焼結体の含有率75%以上にして切削速度を1500m/min以上で切削すれば、工作物の材質に係わらず、切削に伴う圧力や熱により、工具中のSiO₂およびMnO₂によって工具保護膜が生成され、工具寿命が延長される。さらに上記パーライト組織の鋳鉄を切削するときと同様に、1刃あたりの送り量を0.2mm/revから0.4mm/revに設定し、真のすくい角を-58度から-42度に設定すれば、さらに工具寿命を延ばすことができる。

【0028】なお、上記のように予めSiO₂およびMnO₂をCBN粉末およびTiC、Al₂O₃等に混合してCBN焼結工具を形成するのではなく、CBN工具の刃面部分にのみSiO₂およびMnO₂を添加し、予め保護膜を刃面に形成しておくような方法でもよい。また、図11は任意の材質の工作物に対する高速切削方法の他の実施の形態について説明したもので、6は正面フライスであり、先端に図略のCBN焼結体を75%以上含有したCBN焼結工具が取り付けられている。7は加工対象物、8はパーライト組織の鋳鉄であるFC300からなるダミーワークであり、共に図略のテーブルに固定されている。

【0029】上記の様な構成において、図略のモータによってフライス工具6を回転駆動させると共に、正面フライス6とテーブルを相対移動させて、1500m/min以上の切削速度でダミーワーク8の切削を行う。すると工具表面には上記したように保護膜が生成されるので、この保護膜が生成された状態で、任意の加工対象物7に対する切削を行う。ここで、工具表面には保護膜が

生成されているので、加工対象物7に対する切削は切削速度を大きくしてもそれに伴って工具寿命が低下することはない。

【0030】また、加工対象物7に対する切削距離が長い場合は、切削の途中で工具表面の保護膜が摩耗するが、その際は再びダミーワーク8を切削して保護膜を生成させればよく、ダミーワーク8と加工対象物7との切削を繰り返し行うことにより、切削距離の長い加工対象物にも対応できる。なお、この繰り返しのタイミングは加工対象物の材質、切削速度等に応じて最適なタイミングを選択すればよい。

【0031】図12は別の実施の形態を示すものであり、ダミーワーク8が加工対象物7を挟むように一体的にテーブルに固定されている。この状態でCBN焼結工具で1500m/min以上の切削速度で切削を行う。するとCBN焼結工具はダミーワーク8を切削する際に保護膜が生成された後、その状態で加工対象物7の切削を行うため、高速切削であるにも係わらず、それに伴って工具寿命が低下することはない。

【0032】ここで、上記実施の形態では、ダミーワーク8が加工対象物7を挟むように配置されているが、これに限定されるものではなく、ダミーワーク8を切削した後、加工対象物7を切削できるように配置されていさえすればよい。また、上記の実施の形態は正面フライス加工であるが、これに限定されることなく他の切削にも使用できるものである。

【0033】なお、本発明の切削方法によると、フライス加工の場合、切削速度が3600m/min以上で上述したように保護膜の存在により、フライス後刃が加工対象物に接触する際に表面粗さを悪化させるという問題点があるが、主軸軸心を加工対象物に対して傾斜させて加工を行う傾斜切削を採用することにより、フライス後刃が加工対象物に接触しないようにして表面粗さの悪化を防止することができ、高精度、高能率、低コストという3つの課題をとともに満足することができる。

【0034】

【発明の効果】本発明の高速切削方法によれば、CBN焼結体を75%以上含有したCBN焼結工具を用い、パーライト組織の鋳鉄を切削速度1500m/min以上で切削することにより、工具表面に保護膜を生成し、工具の製造過程において特殊なコーティング処理を施すことなく、切削速度の増加に伴って工具寿命が低下することのない長寿命な工具を得ることができる。

【0035】また、上記CBN焼結体を75%以上含有したCBN焼結工具を用い、パーライト組織の鋳鉄を切削速度1500m/min以上で切削する本発明の高速切削方法に、フライスを用いた場合には、フライス1回転当たりにおける1刃の送り量を0.2mm/revから0.4mm/revに設定するか、あるいは真のすくい角を-58度から-42度に設定するか、もしくは、

これら1刃あたりの送り量と真のすくい角の両方を上記値にすれば、さらに工具寿命を延ばすことができる。

【0036】さらに、パーライト組織の鋳鉄以外の任意の材質の加工対象物を切削する場合には、CBN焼結工具にCBN焼結体を75%以上含有させることと合わせて、 SiO_2 、 MnO_2 を添加し、切削速度1500m/min以上で切削することにより、パーライト組織の鋳鉄をときと同様に工具表面に保護膜を生成し、工具寿命が低下することのない長寿命な工具を得ることができる。

【0037】また、パーライト組織の鋳鉄からなるダミーワークを切削することによっても工具表面に保護膜が生成され、その保護膜が生成された工具によって加工対象物の切削を行うため、任意の加工対象物の切削に際して切削速度を高速化させても、それに伴って工具寿命が低下することがなく、高速切削を低コストで実現することができる。

【0038】さらに、パーライト組織の鋳鉄からなるダミーワークと加工対象物とを繰り返し切削することにより、切削距離の長い加工対象物にも対応することができ、パーライト組織の鋳鉄からなるダミーワークと加工対象物とを同時に切削することにより、上記の繰り返し切削する場合に比べてサイクルタイムを短縮することができる。

【0039】特に、本発明の高速切削方法を用いれば、従来の工具では切削開始直後に欠けが発生して加工不可能になるような、あるいは切削開始直後に欠けは発生しないが工具寿命が極めて短くなるような高切削速度での切削が可能となり、高能率加工を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】CBN焼結工具の上面図である。

* 【図2】図1のII-II矢視拡大図である。

【図3】正面フライスの正面図である。

【図4】正面フライスの側面図である。

【図5】切削距離と工具逃げ面摩耗幅との関係を示すグラフである。

【図6】CBN焼結工具に発生した工具逃げ面摩耗幅V_Bを示す図である。

【図7】切削速度6000m/minで切削したときの工具表面の状態を示す、図1のII-II矢視拡大図である。

【図8】切削距離と表面粗さとの関係を示すグラフである。

【図9】CBN焼結体の含有率を変化させたときの1刃当たりの切削距離と逃げ面摩耗幅V_B (mm)との関係を示すグラフである。

【図10】1刃当たりの送り量と工具寿命の関係を示すグラフである。

【図11】正面フライスに取付けられたCBN焼結工具の真のすくい角と工具寿命の関係を示すグラフである。

20 【図12】本発明の高速切削方法を示す斜視図である。

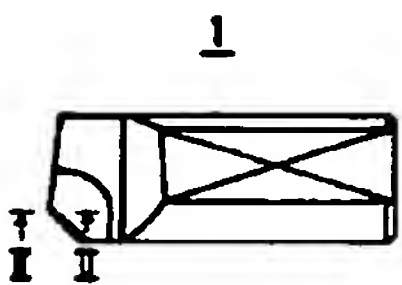
【図13】本発明の高速切削方法の別の実施の形態を示す斜視図である。

【符号の説明】

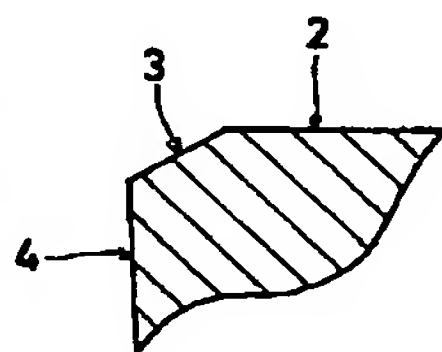
- 1 CBN焼結工具
- 2 すくい面
- 3 チャンファ部
- 4 逃げ面
- 5 付着物 (工具保護膜)
- 6 正面フライス
- 30 7 加工対象物
- 8 ダミーワーク

*

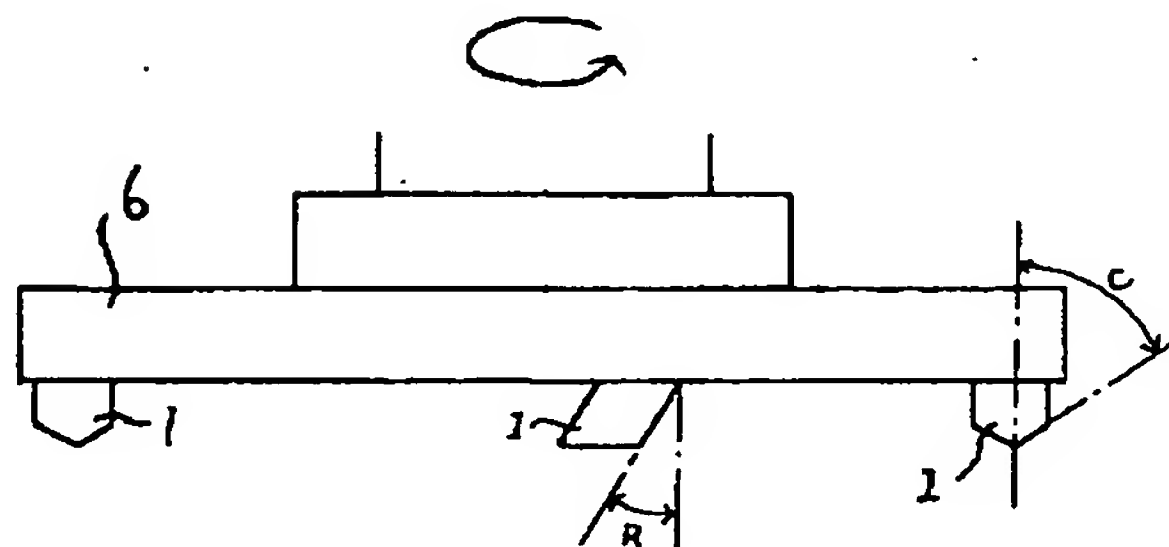
【図1】



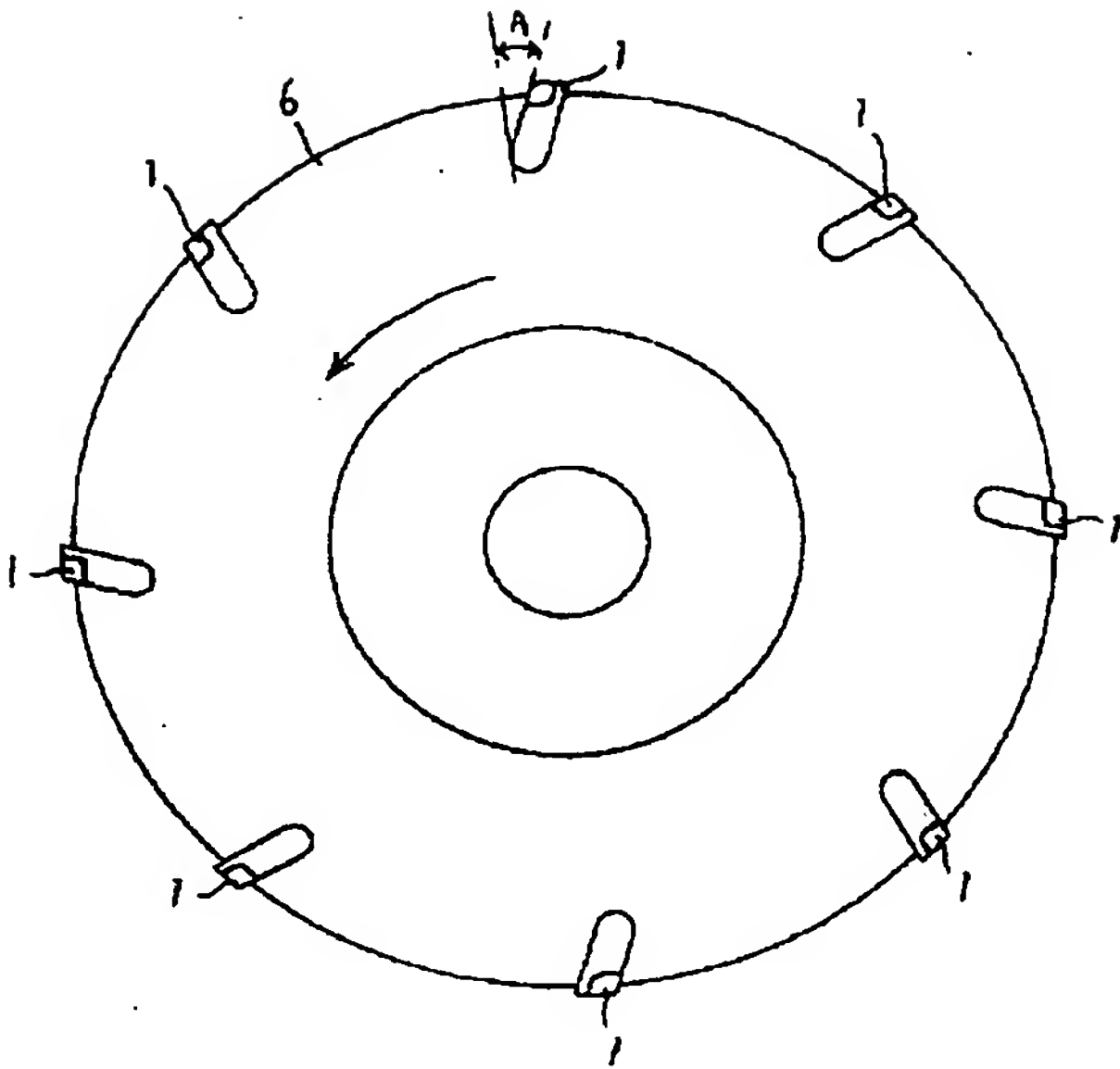
【図2】



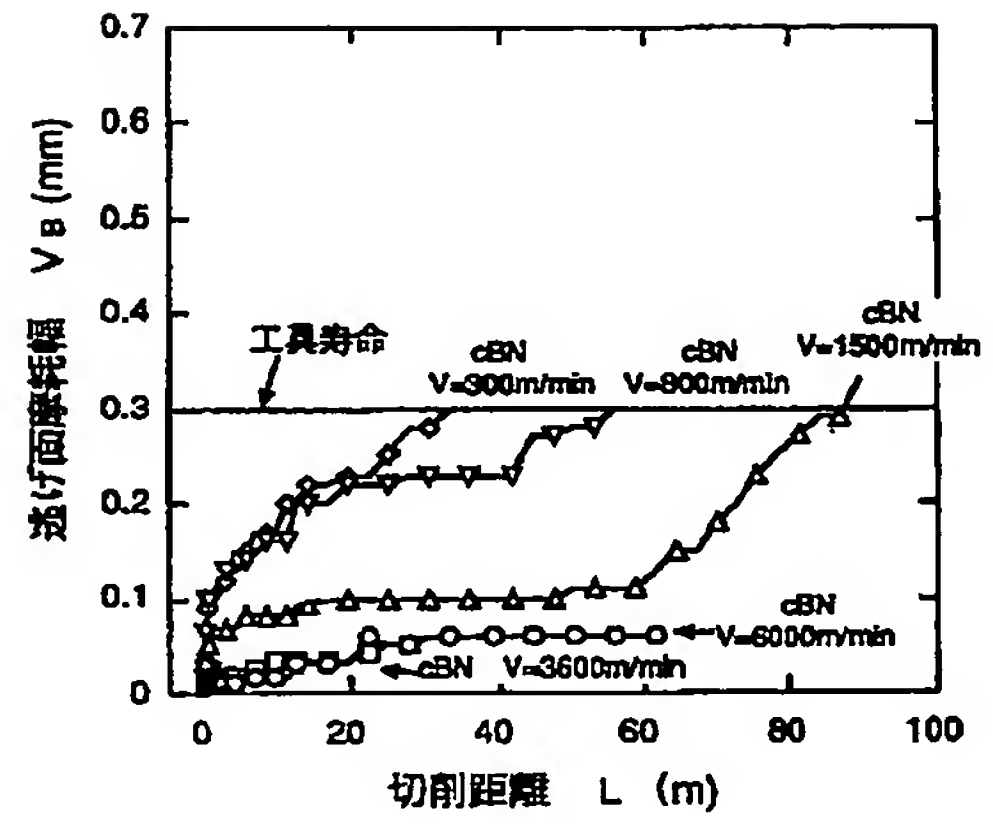
【図4】



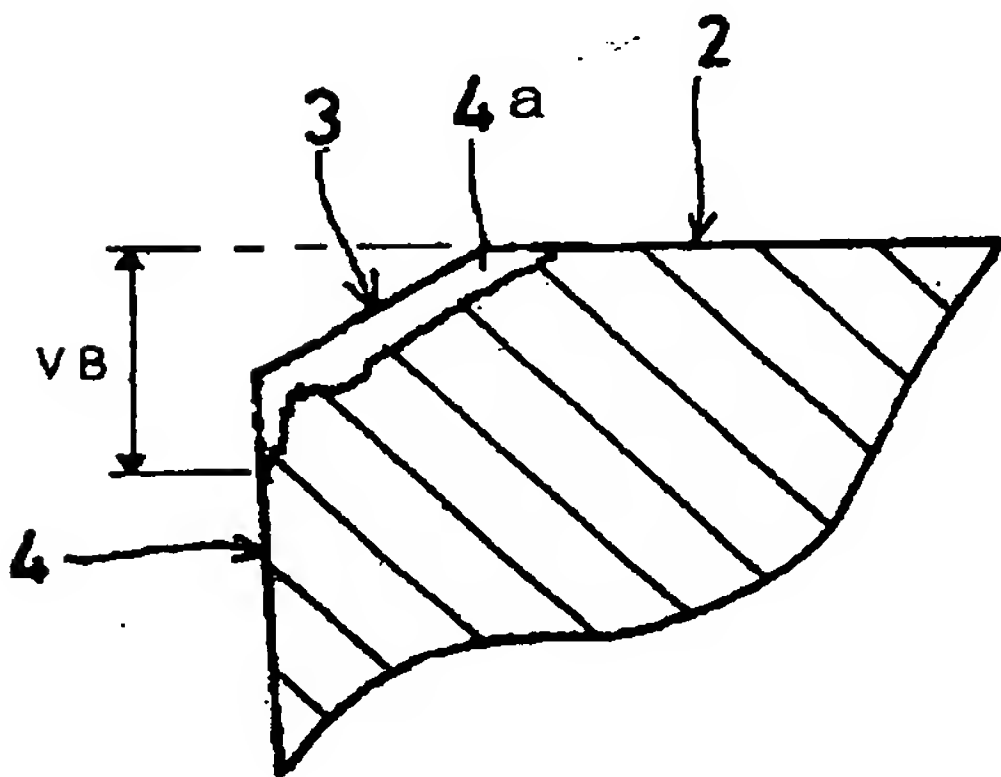
【図3】



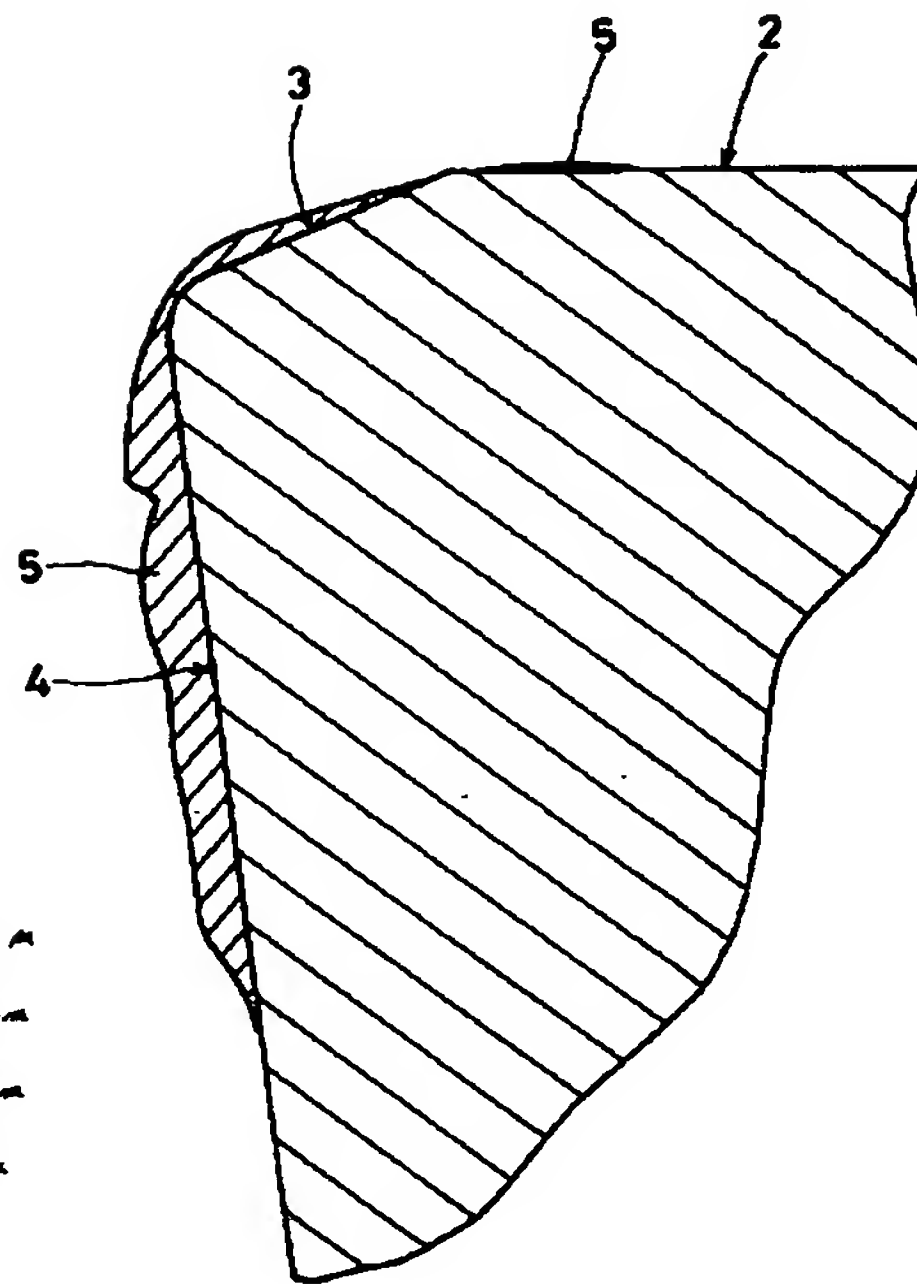
【図5】



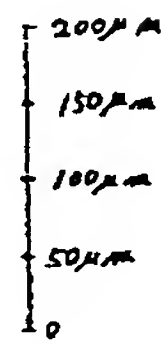
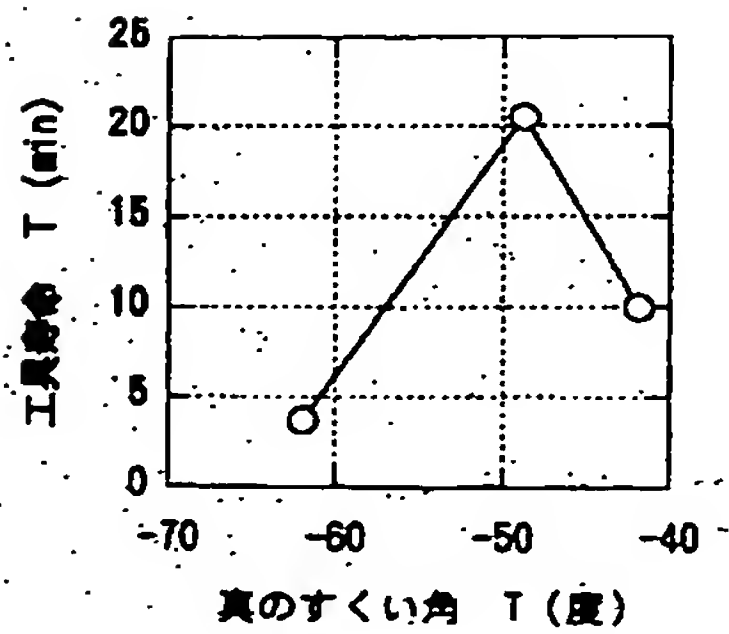
【図6】



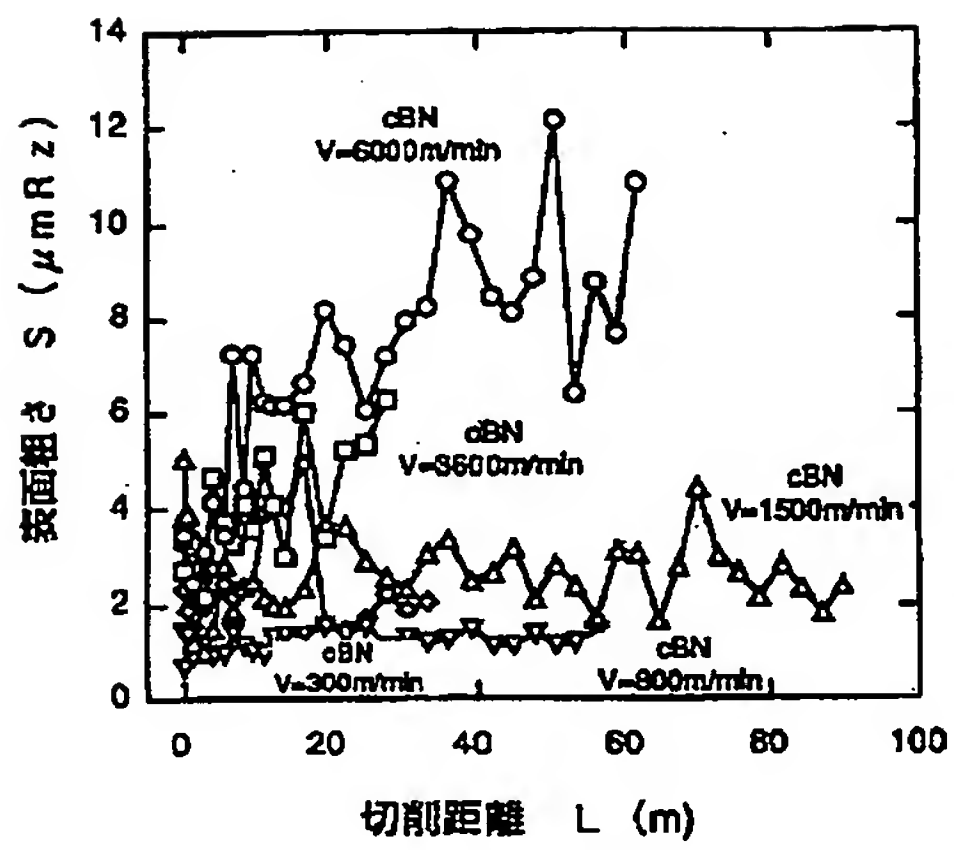
【図7】



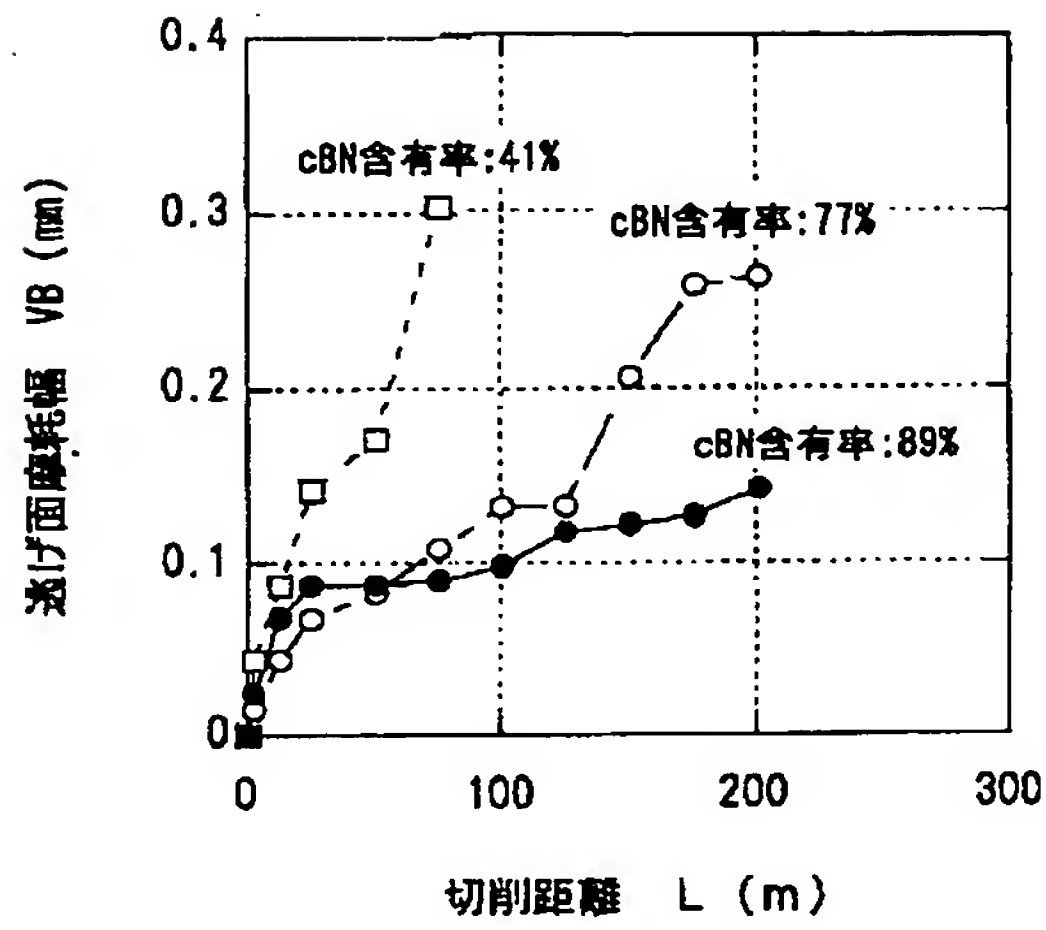
【図11】



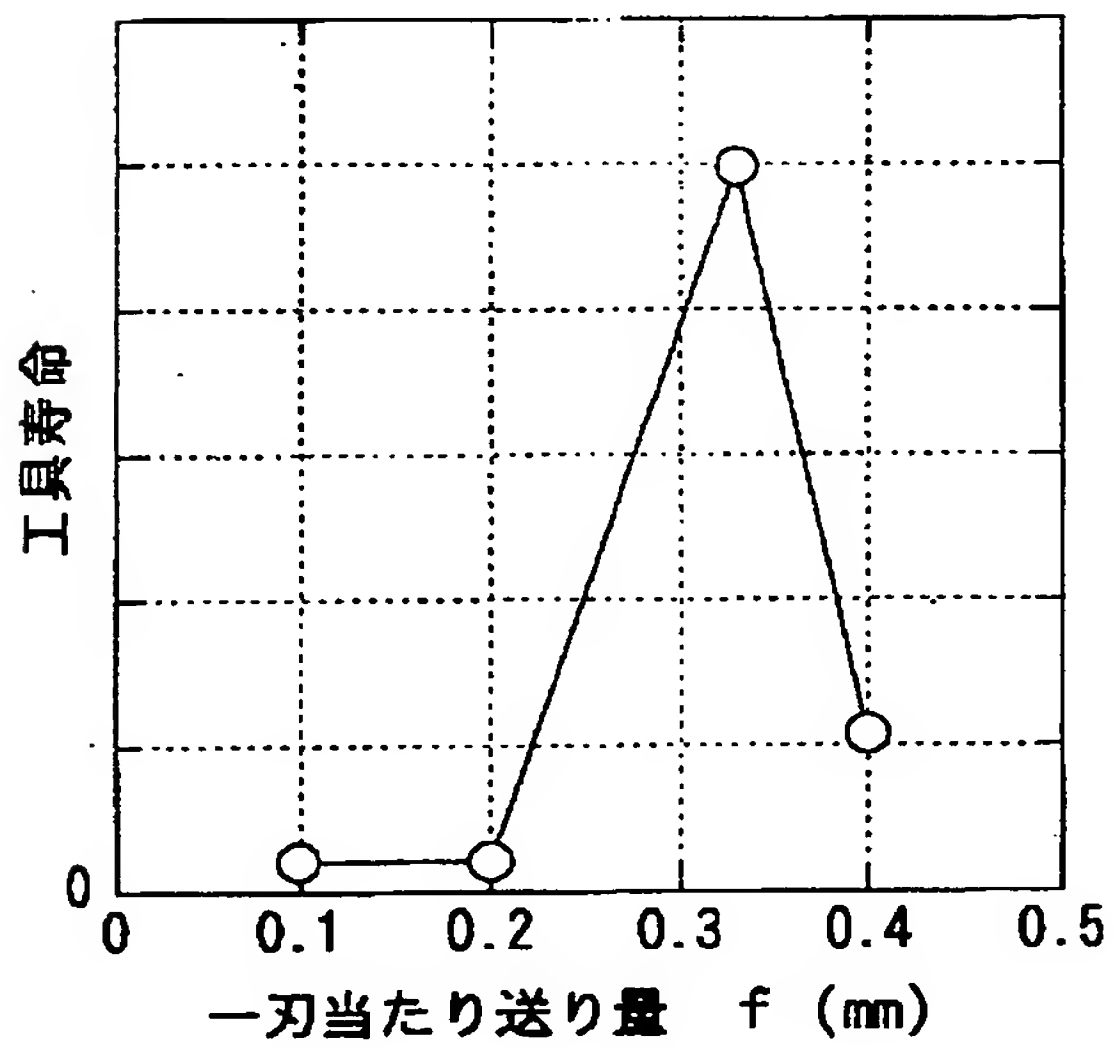
【図8】



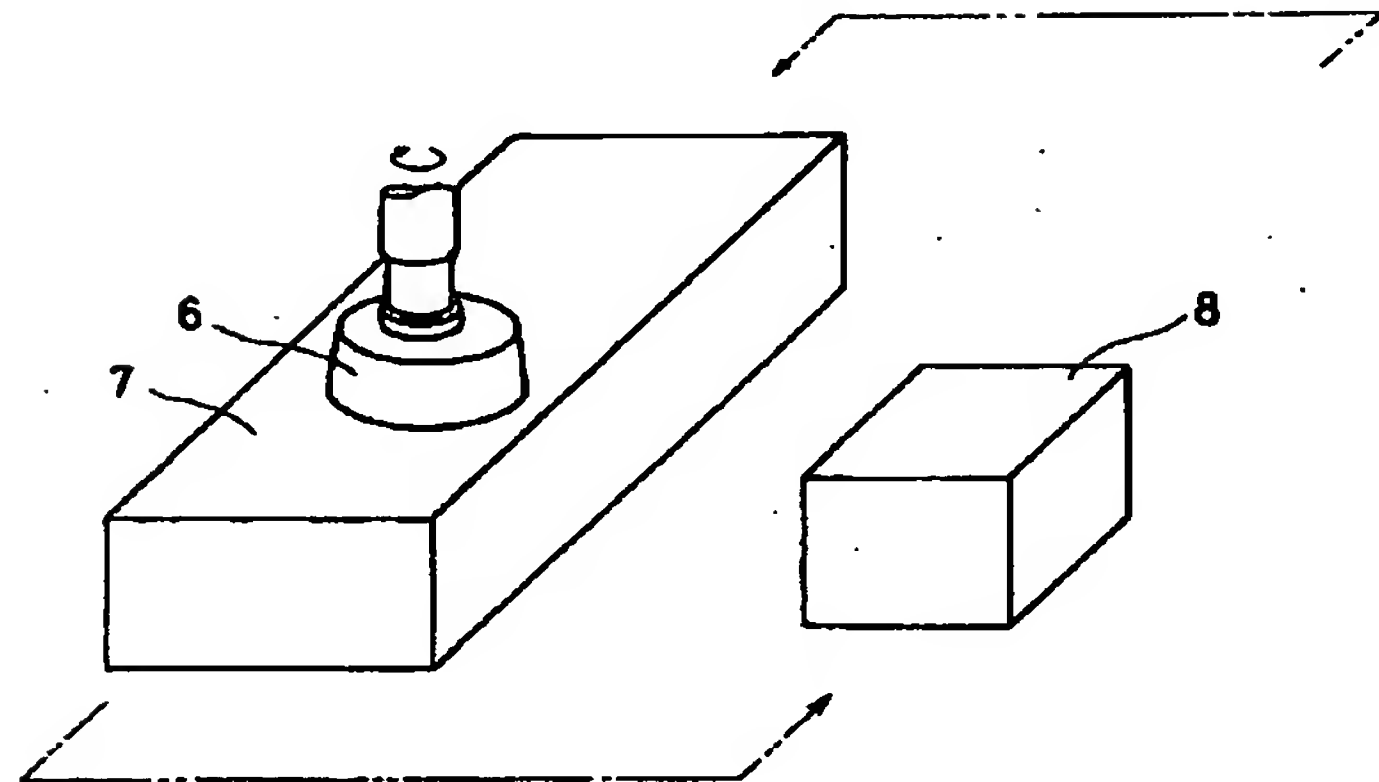
【図9】



【図10】



【図12】



【図13】

